

*ეგი ნიშინა, ნორიე კავაი, მანაბუ ჰონდა,  
რეიკო იაბი, მასაკო მორიმოტო,  
სატომი ნაკამურა, ტადაო მათეკავა,  
იოშიჰარუ იონეჰურა, ჰიროში შიბასაკი  
და ცუტომუ მოჰაში*

**მუსიკალურ ჟღერადობაში ჩართული  
მაღალ-სიხშირიანი არასმენადი  
კომპონენტის აღქმის ბიოლოგიური მექანიზმი**

**რეზიუმე**

თბილისის სიმპოზიუმზე ჩვენ უკვე გვქონდა საუბარი, რომ სხვადასხვა ტრადიციული პოლიფონიები, მათ შორის ქართული პოლიფონია და განსხვავებული ეთნიკური მუსიკალური ინსტრუმენტების ჟღერადობა შეიცავს არასმენად მაღალ სიხშირიან ვიბრირებულ კომპონენტს (HFC), რომელიც აღემატება ადამიანის სმენადობის ხარისხს თავისი მკვეთრად გამოხატული მერყეობით; იგი მიმდინარეობს მიკრო დროით ინტერვალში, დაახლოებით მილისეკუნდებში.

ვეყრდნობით რა თანამედროვე სამეცნიერო მიდგომას, ჩვენ აღმოვაჩინეთ, რომ რთული სტრუქტურის არასმენადი მაღალ სიხშირიანი კომპონენტები ააქტივებენ ნეირონალს ტვინში და მუსიკალურ ბგერას უფრო კომფორტულს ხდიან მოსმენისთვის. ჩვენ ამ ფენომენს „ჰიპერჟღერადობის ეფექტი“ ვუწოდებთ.

თუმცა გაურკვეველია, თუ როგორ გარდაიქმნებიან მსმენელისათვის აღსაქმელ ჟღერადობად არასმენადი მაღალ სიხშირიანი კომპონენტები. ჩვენ შევძელით გვეჩვენებინა, რომ ჰაერის ვიბრაციისგან წარმოქმნილი არასმენადი მაღალსიხშირიანი კომპონენტები აღიქმებიან არა სმენითი სისტემის ანუ ყურის მეშვეობით, არამედ გარკვეული შეგრძნებათა მექანიზმის მიერ, რომელიც განთავსებულია სხეულის ზედაპირზე. წინამდებარე მოხსენებაში ჩვენ სწორედ ამ დეტალებზე შევჩერდებით.

**1. შესავალი**

სხვადასხვა ტრადიციული პოლიფონიები, მათ შორის ქართული პოლიფონია და განსხვავებული ეთნიკური მუსიკალური ინსტრუმენტების ჟღერადობა შეიცავს არასმენად მაღალ სიხშირიან ვიბრირებულ კომპონენტს (HFC), რომელიც აღემატება ადამიანის სმენადობის ხარისხს თავისი მკვეთრად გამოხატული მერყეობით, რაც მიმდინარეობს მიკრო დროით ინტერვალში, დაახლოებით მილისეკუნდებში. ამის შესახებ გვქონდა საუბარი წინა სიმპოზიუმზე.

დამატებით აღმოვაჩინეთ, რომ არასტაციონარული ჟღერადობა შეიცავს მაღალ სიხშირიანი კომპონენტების მერყეობის მნიშვნელოვან რაოდენობას, ააქტიურებს ტვინის ფუნქციას, რაც ზრდის თავის ქალაში და ტალამუსში სისხლის მიმოქცევას (rCBF); მნიშვნელოვნად ამაღლებს

ელექტროენცეფალოგრამის ზურგის ალფა კომპონენტის სიხშირეს, რაც სიამოვნების უპირველესი მაჩვენებელია; ამავე დროს აუმჯობესებს იმუნურ ფუნქციას NK-ას ჩათვლით, რომელიც სიმსივნის და სტრესის გამომწვევი ჰორმონების წინააღმდეგ ასრულებს ბარიერის ფუნქციას; ხელს უწყობს ჟღერადობის მეტი სიამოვნებით აღქმას და ისეთ ქცევას, რომლის დროსაც მსმენელი უშუალოდ ეგუება ჟღერადობის კომფორტულ სმენით დონეს. ამას ჩვენ ვუნოდებთ „ჰიპერჟღერად ეფექტს“ (Oohashi et al. 1991; 2000;2001; Yagi et al,2002,2003,2003a).

ამასთან ჰიპერჟღერადი ეფექტი არის ფენომენი, რომელიც მჭიდროდ უკავშირდება ადამიანის სმენით ფუნქციას და შეიცავს უჩვეულო თვისებებს. მათ შორის ადამიანებში ცნობილია, რომ სმენითი სისტემის მიერ ჟღერადობად არ აღიქმება ჰაერის ვიბრაციის სიხშირე 20 ჰერცზე ზევით. ეს უდიდესი გამოცანაა, თუ როგორ გრძნობს ასეთი მაღალი სიხშირის ვიბრაციას ადამიანი.

ამ კვლევაში ჩვენ ვცდილობთ განვსაზღვროთ, შეიძლება თუ არა ამ ფენომენის ახსნა მხოლოდ ჰაერის გამტარი სმენითი ნერვული სისტემით, თუ საჭიროა განვიხილოთ ჰაერის არ გამტარი, ან სხვა ბიოლოგიური სისტემების ჩართვის ფაქტორები. ამ მიზნისთვის ჩვენ გავყავით ჰიპერჟღერადი ეფექტის მომცემი ჟღერადი ნყარო ორ კომპონენტად: სმენადი დაბალი სიხშირის კომპონენტი (**დსკ**; low frequency component - **LFC**) და არასმენადი მაღალი სიხშირის კომპონენტი (**მსკ**; High frequency component - **HFC**) (Oohashi et al. 2000). მაშინ როცა დაბალი სიხშირის კომპონენტი წარმოვადგინეთ ჰაერის გამტარი სმენითი სისტემით, მაღალი სიხშირის კომპონენტი ერთდროულად იყო წარმოდგენილი ჰაერის გამტარი სმენითი სისტემისა და მთელი სხეულის ზედაპირზე. ჩვენს თანამედროვეობაში სხვადასხვა აღქმითი სისტემები (გარდა ჰაერის გამტარი სმენითი სისტემისა) შეიძლება არსებობდეს. პირობითად, შევადარეთ სრული ჟღერადობა (სრული ჟღერადობა არის დაბალი და მაღალი სიხშირის კომპონენტების ერთდროული თანაარსებობა) და დაბალი სიხშირის კომპონენტები. ამით კი გავანალიზეთ, იყო თუ არა რაიმე განსხვავება ამ სხვადასხვა მდგომარეობაში მყოფი ჰიპერჟღერადობის ეფექტის გამოვლენას შორის. წინა კვლევაში გამოვავლინეთ ჰიპერჟღერადი ეფექტის ორი განსხვავებული განზომილება: 1. EEG-ის სპონტანური ფსიქოლოგიური განზომილება, რომელიც იყენებს პორტატიულ მრავალკანალიან ტელემეტრულ სისტემას; და 2. ქცევის განზომილება (Oohashi et al. 2001; Yagi et al, 2002, 2003, 2003a) CLL-ზე; ჩვენ დავინახეთ, რომ ჰიპერჟღერადი ეფექტი არ იყო შემოტანილი, როცა მაღალი სიხშირის კომპონენტი შერჩევით იყო წარმოდგენილი ჰაერის გამტარ სმენით სისტემაში, მაგრამ წარმოდგენილი იყო მაშინ, როცა მაღალი სიხშირის კომპონენტი სახეზე იყო მთელ სხეულზე და შეიცავდა თავს, მაგრამ გამორიცხავდა ყურებს. ეს საოცარი აღმოჩენა ამტკიცებს, რომ არასმენადი მაღალი სიხშირის კომპონენტი, რომელიც იძლევა ჰიპერჟღერად ეფექტს, აღქმადია სხეულის საშუალებით, რაც განასხვავებს მას საყოველთაოდ მიღებული ჰაერის გამტარი სმენითი სისტემისგან.

## 2. ექსპერიმენტული მეთოდი

საგანი. EEG და ქცევის ექსპერიმენტებში ჯანმრთელი იაპონელი მოზრდილი მოხალისეები მონაწილეობდნენ. ინფორმაცია ექსპერიმენტში მონაწილეთა შესახებ (მონაცემები, სქესი და ასაკი) მოცემულია დასკვნით მონაკვეთში. წერილობითი თანხმობა თითოეული მათგანისგან ექსპერიმენტის დაწყებამდე იქნა აღებული. ექსპერიმენტები ტარდებოდა ეთიკის კომიტეტის და ფსიქოლოგიურ მეცნიერებათა ეროვნული ინსტიტუტის მიერ მიღებული და დამტკიცებული ნორმების დაცვით. თითოეულ მონაწილეს ჰქონდა 5 წელზე მეტი ზეგავლენა მაღალი სიხშირის კომპონენტებით მდიდარი მუსიკალური ინსტრუმენტებისა, რომლებიც გამოიყენებოდა, როგორც ჟღერადობის წყარო.

**ჟღერადი მასალა და სისტემის ჩვენება.** ჟღერადობის მასტიმულირებელი იყო ტრადიციული გამელანის კომპოზიცია „Gambang Kuta“ (ბალის კუნძულები, ინდონეზია), რომელიც მდიდარი იყო მაღალი სიხშირეების თვალშისაცემი მერყეობით და დამტკიცებულია, რომ შეიცავს ჰიპერჟღერადობის ეფექტს. ბი-კანალური ჟღერადობის ჩვენების სისტემა (Oohashi et al 2000; 2001; Yagi et al, 2002) გამოვიყენეთ ჟღერადობის სტიმულირებისთვის (სურ. 1). გამოვიყენეთ ზედა და ქვედა სიხშირეების ფილტრი 22 kHz სიხშირეთა გადაკვეთასთან ერთად და დავყავით სიგნალის წყარო დაბალი სიხშირის სმენით კომპონენტად და არასმენით მაღალი სიხშირის კომპონენტად; ამასთან გავაძლიერეთ თითოეული მათგანი ცალ-ცალკე. ეს სიგნალები წარმოდგენილი იყო ერთდროულად ან ცალ-ცალკე რეპროდუქტორის ან სმენითი აპარატის მეშვეობით. ჟღერადობის წყაროსა და ბი-კანალური ჟღერადობის სისტემის (Authentic Signal Disc ARHS9002 and Authentic Hypersonic Sound System, Action Research Co., Ltd., Tokyo, Japan) ზუსტი სპეციფიკა აღწერილია შრომაში (Yagi et al, 2002).

სისტემის რეპროდუქტორული კომპონენტები განთავსებული იყო ადამიანის ყურებიდან დაახლოებით 2 მეტრის დაშორებით. ექსპერიმენტში მონაწილეები იყენებდნენ სპეციალურად (შეკვეთით) დამზადებული ყურთსასმენი ბალიშების გარეშე. მარჯვენა და მარცხენა (ორივე) ყურთსასმენი შეიცავდა ვიბრირების გამომწვევ ორ ხელსაწყოს; ერთი დაბალი სიხშირის კომპონენტისთვის და მეორე მაღალი სიხშირის კომპონენტისთვის. სურათი. 2 გვიჩვენებს ბიკანალური ჟღერადობის სისტემისგან მიღებული ჰაერის რეალური ვიბრაციის სიძლიერის დიაპაზონს, რომელიც ჩანერილია მიკროფონით ექსპერიმენტში მონაწილე ადამიანის მდებარეობიდან. 200 ნამიანი მუსიკის ფრაგმენტის სიძლიერის საშუალო დიაპაზონი, რომელიც გამოყენებული იყო ექსპერიმენტში გამოთვლილ იქნა ფურიეს ჩქარი გარდაქმნის ანალიზით (FFT). ექსპერიმენტის ვერც ერთმა მონაწილემ სიჩუმისგან ვერ შეძლო გაერჩია მაღალი სიხშირის კომპონენტის არსებობა.

თითოეული EEG და ქცევის ექსპერიმენტი შეიცავდა 4 ქვე-ექსპერიმენტს: ა) დაბალი და მაღალი სიხშირის კომპონენტები წარმოდგენილი იყო რეპროდუქტორებით; ბ) დაბალი და მაღალი სიხშირის კომპონენტე-

ბი წარმოდგენილი იყო ყურთსასმენებით; გ) დაბალი სიხშირის კომპონენტი წარმოდგენილი იყო ყურთსასმენით, მაღალი, კი — რეპროდუქტორით; დ) დაბალი სიხშირის კომპონენტი ყურთსასმენით; მაღალი სიხშირის კომპონენტები კი — რეპროდუქტორით, მაგრამ ჟღერადობის საიზოლაციო მასალით, რაც ხელს უშლიდა მაღალი სიხშირის კომპონენტების სხეულზე ზეგავლენას. ყველა ექსპერიმენტში სრული ჟღერადობის სისტემისა (FRS; ანუ დაბალი და მაღალი სიხშირის კომპონენტების ერთდროულობა) და დაბალი სიხშირის კომპონენტის ორი მდგომარეობა შევადარეთ ერთმანეთს. განსაკუთრებული ყურადღება მიიპყრეს მონაწილეებმა, რომლებმაც დისკომფორტის თავიდან აცილების მცისიერება გამოამჟღავნეს.

**EEG-ის განზომილება.** EEG ჩანერილ იქნა ტელემეტრული სისტემით 12 საიტიდან; საერთაშორისო 10-20 სისტემის მიხედვით, გამოვიყენეთ ყურის გარსის ელექტროდების და ფურიეს ჩქარი გარდაქმნის ანალიზის (FFT) კავშირი. საშუალო სიმძლავრის კვადრატის ფუძე, თითოეული ელექტროდის მდებარეობის 10.0-13.—ჰერცის სიხშირის არეალში, იყო გამოთვლილი, როგორც ექვივალენტური შესაძლებლობა მთავარი წყაროს მეორე ჩანაწერში მოთავსებული EEG-ისთვის. მონაცემები, მოპოვებული 7 ელექტროდიდან ცენტრული-ზურგის-ოქსიპიტალური ზონიდან (C3, C4, T5, Pz, T6, O1, O2), გაანალიზებულია სანყისი წყაროს და EEG-ის კუთხით; აღნიშნული შევადარეთ ორ მდგომარეობას: სრული ჟღერადობის (FRS) და დაბალი სიხშირის კომპონენტს (LFC). დამატებით სანყის წყაროში 2, ცვლილებები სრულ ჟღერადობასა და დაბალი სიხშირის კომპონენტს შორის ასევე შეფასებულ იქნა ფერადი კონტურების მქონე ხაზების რუკით, რომელიც იყენებდა 2,565 მოდულატორს ლინეარული ინტერპოლაციით და ექსტრაპოლაციით (Duffy et al., 1979; Ueno and Matsuoka, 1976), რაც თავის მხრივ ეფუძნება Z-შეფასებას. იგი გამოთვლილია თითოეულ ელექტროდში სანყისი მეორე წყაროს სიმძლავრის ორნერტილოვანი შეპირისპირებიდან.

**CLL-ის გამოთვლა.** იგივე 4 ქვე-ექსპერიმენტი ჩატარდა CLL-ის გამოსათვლელად, რაც EEG-ის შემთხვევაში. პირველ ცდაში, ექსპერიმენტის მონაწილეები უსმენდნენ ჟღერადობის მასტიმულირებელს მოსასმენი პოზიციიდან. შემდეგი სამი ცდის განმავლობაში მონაწილეებს ვთხოვეთ, თავად მიეღოთ მათთვის კომფორტული მდგომარეობა მოსასმენად და გამოეყენებინათ დისტანციური მართვის პულტი გადართვის რეგულატორით, რაც ასრულებდა სიგნალის დონის გამაკონტროლებელ ფუნქციას შემსრულებელსა და გამაძლიერებელს შორის. სიგნალის შესახებ, როცა ისინი ესადაგებოდნენ მოსმენის დონეს, მონაწილეს არანაირი ვიზუალური ან შეგრძნებითი ინფორმაცია არ მიენოდებოდა. ფინალური ცდის დროს, თითოეული მონაწილე უსმენდა იმ უცვლელ ჟღერადობას, რომელიც თავად შეარჩია წინა ცდის დროს. მოსასმენი დონე იზომებოდა, როგორც A-კატეგორიის ჟღერადობის გამოხატვა წნევის ერთეულების ეკვივალენტური დაუსრულებლობით (Laeq), რომელიც იყენებს ინტეგრირებულ ჟღერადობას. დონე, რომე-

ლიც გაიზომა ფინალურ მოსასმენ ცდაში და მიესადაგა ტერმინებს (Laeq) განხილულია, როგორც CLL. სტატისტიკური შეფასება შედგა წყვილი სტუდენტების t-ტესტის გამოყენებით და ემყარებოდა სრული ჟღერადობისა (FRS) და დაბალი სიხშირის კომპონენტის (LFC) ცალკე ცალკე შედარებას.

### 3. შედეგები.

**EEG ექსპერიმენტი.** როდესაც მონაწილეებისათვის (5 მამაკაცი, 7 ქალი) რეპროდუქტორების საშუალებით შეთავაზებული იყო ორივე — დაბალი სიხშირისა და მაღალი სიხშირის კომპონენტები (ანუ სრული ჟღერადობა FRS), საწყისი EEG-ს სიმძლავრე იყო მნიშვნელოვნად დიდი, თუ შევადარებთ დაბალი სიხშირის კომპონენტს ცალკე, რაც განამტკიცებს ჰიპერჟღერადობის ეფექტის გამოვლინებას (სურ. 3a მარცხნივ და შუაში).

როდესაც ჟღერადობა წარმოდგენილი იყო ყურთსასმენების საშუალებით ზედ ყურზე (6 მამაკაცი, 9 ქალი), არანაირი განსხვავება სრულ ჟღერადობასა (FRS) და დაბალი სიხშირის კომპონენტს (LFC) შორის საწყისი EEG-ში არ შეინიშნებოდა (სურ. 3b მარცხნივ და შუაში). როდესაც დაბალი სიხშირის კომპონენტი წარმოდგენილი იყო ყურთსასმენებით, ხოლო მაღალი სიხშირის კომპონენტი რეპროდუქტორით (7 მამაკაცი და 8 ქალი), საწყისი სიმძლავრე იყო უფრო დიდი სრული ჟღერადობისას, ვიდრე დაბალი სიხშირის კომპონენტის დროს, ჟღერადობის ჩვენების ბოლო პერიოდში (სურ. 3c მარცხნივ და შუაში). მეორე მხრივ, როდესაც მონაწილის სხეული იყო თავისუფალი რეპროდუქტორებში გამავალი მაღალი სიხშირის კომპონენტის ზეგავლენისგან, რაც ჟღერადობის დამხშობი მასალით მიიღწეოდა (5 მამაკაცი და 8 ქალი), საწყისი EEG-ის მზარდობა სრული ჟღერადობისას თვალშისაცემად დაქვეითებული იყო (სურ. 3c მარცხნივ და შუაში). ეს მონაცემი მიუთითებს, რომ ჰიპერჟღერადი ეფექტი ჩნდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც მაღალი სიხშირის კომპონენტი წარმოდგენილია სხეულის ან/და თავის ზედაპირზე

**ქცევის ექსპერიმენტი.** CLL-ის ქცევის საზომი იყო თანმხვედრი EEG ექსპერიმენტისა. როდესაც ორივე დაბალი სიხშირის და მაღალი სიხშირის კომპონენტები წარმოდგენილი იყო ყურთსასმენებით (5 მამაკაცი, 5 ქალი) (სურ. 3a მარჯვნივ), ან როდესაც დაბალი სიხშირის კომპონენტი შეთავაზებული იყო მონაწილეებისათვის ყურთსასმენებით, ხოლო მაღალი სიხშირის კომპონენტი რეპროდუქტორებით (5 მამაკაცი და 5 ქალი) (სურ. 3c მარჯვნივ), მონაწილეები უშუალოდ ესადაგებოდნენ ჟღერადობას, უფრო მეტი კომფორტულობით სრული ჟღერადობის შეთავაზებისას, ვიდრე დაბალი სიხშირის კომპონენტის ცალკე წარმოდგენისას. მონაწილეები ესადაგებოდნენ სრული ჟღერადობის და დაბალი სიხშირის კომპონენტის ანალოგიურ სმენით დონის მასშტაბს ცალკე-ცალკე, როდესაც დაბალი და მაღალი სიხშირის კომპონენტები წარმოდგენილი იყო ყურთსასმენების საშუალებით (3 მამაკაცი, 6 ქალი) (სურ. 3b მარჯვნივ). ხოლო მაშინ, როცა დაბალი და მაღალი

სიხშირის კომპონენტები წარმოდგენილია ყურთსასმენებით და რეპროდუქტორებით, შესაბამისად, მონანილები თავისუფალნი იყვნენ მაღალი სიხშირის კომპონენტის ზეგავლენისგან (4 მამაკაცი და 5 ქალი,) და CLL-შიც მზარდობა სრული ჟღერადობისას მნიშვნელოვნად დახშული იყო (სურ. 3d მარჯვნივ).

#### 4. განხილვა

ჰაერის გამტარი სმენითი სისტემის გარდა, ჰიპერჟღერადი ეფექტის გამომწვევი ბიოლოგიური მექანიზმის შესწავლისას, პირველ რიგში, განვიხილავთ, სხვა ბიოლოგიური სისტემების არსებობის შესაძლებლობას. ჩვენ შევამოწმეთ ჰიპერჟღერადი ეფექტის გამომწვევი სხვადასხვა მდგომარეობა, სადაც დაბალი და მაღალი სიხშირის კომპონენტები იყო წარმოდგენილი სრულ სხეულზე ან შერჩევით ყურთსასმენების საშუალებით. შედეგად გამოვლინდა, რომ ჰიპერჟღერადი ეფექტი არ ჩნდება, როდესაც მაღალი სიხშირის კომპონენტი წარმოდგენილია შერჩევით ჰაერის გამტარი სმენითი სისტემაში, მაგრამ იგი სახეზეა მაშინ, როცა მაღალი სიხშირის კომპონენტი წარმოდგენილია მთელს სხეულზე და მოიცავს თავს და გამორიცხავს ყურებს. ეს აღმოჩენა მიუნიშნებს, რომ ჰიპერჟღერადი ეფექტი ვლინდება მხოლოდ მაშინ როდესაც არა ჰაერის გამტარი ნერვული სისტემა, არამედ სხვა გამოუკვლევია საინფორმაციო არხებია გააქტიურებული.

PET-ის გამოყენებით (Oohashi et al. 2000;) EEG-ისა და rCBF-ის ერთდროული ჩანაწერი გვიჩვენებს, რომ 7 ელექტროდიდან ჩანერილი სანყისი 2 კომპონენტი ცენტრალურ ზურგის ოქსიპიტალურ ზონაში (C3, C4, T5, Pz, T6, O1 და O2) და საშუალოდ ამ სანყისი 2 ელექტროდის გადაკვეთის შესაძლებლობა, რომლებიც ამ ექსპერიმენტში გამოიყენებოდნენ როგორც ჰიპერჟღერადობის ფსიქოლოგიური მაჩვენებლები, ურთიერთკავშირშია ტვინის ორგანოს მუშაობასთან და შეიცავს ჰიპოტალამუსს, თავის ტვინის ნახევარსფეროს გარსს (precuneus), შუბლისწინა თავის ტვინის ქერქს (prefrontal cortex) და წინა სარტყლისებურ ნაწილს (anterior cingulate gyrus). თავის ტვინის ეს ზონები შეიცავენ ერთმანეთისაგან განსხვავებულ ნეირონულ ჯგუფებს, რაც იწვევს თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში მონომინერგიკულ და ოპიოიდურ ამოფრქვევებს და ჩვენს მიერ განხილული არიან ნეირონალური ქსელის საფუძვლად (Role and Kelly, 1991) ამ ზონების სტიმულაცია იწვევს სასიამოვნო შეგრძნებას და მკაცრად აკონტროლებს ადამიანის ქცევას (Thomson, 1988).

CLL გამოყენებული იყო, როგორც აღქმის საზომი ჟღერადობის ხარისხის მცირე განსხვავებების დროს, რომელიც შეიძლება არ იყოს შეგნებულად აღქმული ან ადვილად გამოხატული მონანილის მიერ (Cullari and Semanchick, 1989; Namba and Kuwano 1998). ეს სტრატეგია მონანილეს საშუალებას აძლევს, მიიღოს მისთვის სასურველი სტიმული დიდი რაოდენობით. შესაბამისად CLL-ის მომატება ან კლება, რომელიც განიხილებოდა წინამდებარე კვლევაში, შეიძლება აისახოს ქცევის ცვალებადობაზე, თავის ტვინის სტრუქტურაში ფორმირებული სისტემის გააქტიურე-

ბის ან დეაქტიურობის სახით. ეს ახსნა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს EEG ექსპერიმენტის შედეგების მიმართ.

წინამდებარე კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით, გამოვლინდა, რომ არასმენადი მაღალი სიხშირის კომპონენტი, რომლითაც მდიდარია ტრადიციული პოლიფონია, აღიქმება მთელი სხეულით და ამაღლებს მუსიკით მიღებული სიამოვნების შეგრძნებას თავის ტვინის აქტიურობის ხარჯზე. ეს დასკვნა ჩვენს მიერ წინათ მოყვანილი მოდელის საფუძველია; მასში ორგანოზომილებიანი ჟღერადობის აღქმის მოდელი იყო წარმოდგენილი, რომელშიც არასმენადი მაღალი სიხშირის კომპონენტი იწვევდა თავის ტვინის ფუნქციის ცვალებადობას თავის ტვინის გააქტიურების გზით, რომელშიც გარკვეული არასმენადი მიმართულება წარმოდგენილი იყო დაბალი სიხშირის კომპონენტთან შეპირისპირებით. ასე იქმნებოდა ჰიპერჟღერადი ეფექტი.

**თარგმნა ნანა შარიქაძემ**

selectively to the air-conducting auditory system, but was induced when the HFC was presented to the entire body surface, including the head but excluding the ears. This finding suggests that the emergence of the hypersonic effect can be observed only when some unknown information channel, not the air-conducting auditory nervous system, is activated.

By the simultaneous recordings of EEG and rCBF using PET(Oohashi et al. 2000)it was shown that the alpha 2 component recorded from 7 electrodes in the central and parieto-occipital regions (C3, C4, T5, Pz, T6, O1, and O2) and the averaged alpha 2 potential across these electrodes, which were used as a physiological index for the hypersonic effect in this experiment, were correlated significantly with the activity of the fundamental brain network including the upper brainstem (mid-brain), hypothalamus, thalamus, precuneus, prefrontal cortex, and anterior cingulate gyrus. These brain areas, containing distinct neuronal groups that are the major source of the monoaminergic projections and opioid projections to various parts of the brain (Role and Kelly,1991), are considered as the reward-generating neuronal network. Stimulation of these regions introduces pleasurable sensations and strongly controls human behavior (Thomson,1988).

CLL was used as a measure of the perception of subtle differences in sound quality that may not be consciously recognizable or may not otherwise be easily expressed by the subjects (Cullari and Semanchick, 1989; Namba and Kuwano 1998). The basic strategy of this measurement is that subjects tend to receive preferable stimulus at a greater magnitude. It is conceivable, therefore, that the increased or decreased CLL observed in the present study may reflect change in approaching behaviors introduced by the activation or deactivation of the reward-generating system situated in the deep-lying brain structure. This explanation dovetails well with the results of the EEG experiment.

Based on the findings of the present study, it was revealed that the inaudible HFC which is richly contained in the traditional polyphony is perceived through the body surface and increase the pleasure sensation of music by strongly activating the fundamental brain network. These results also support our previously proposed model, the two-dimensional sound perception model, in which inaudible HFC modulate brain functions by activating the fundamental brain network via some non-auditory pathways when presented concurrently with audible LFC, thus evoking the hypersonic effect.

### **References**

Cullari, S., and Semanchick, O.(1989).Music preferences and perception of loudness. *Percept. Mot. Skills*, 68:186.

Duffy, F.H., et al. (1979). Brain electrical activity mapping (BEAM): a method for extending the clinical utility of EEG and evoked potential data. *Ann. Neurol*, 5:309-321.

Namba, S., and Kuwano, S.(1998). *Method of Psychological Measurement for Hearing-Research (in Japanese)*. Colona Publishing.

Oohashi, T., et al.(1991). High-frequency sound above the audible range affects brain electric activity and sound perception. In: *Proceedings of 91st Audio Engineering Society convention*, 3207, Audio Engineering Society.

Oohashi, T., et al. (2000). Inaudible high-frequency sounds affect brain activity: hypersonic effect. *J. Neurophysiol*, 83:3548-3558.

Oohashi, T., et al. (2001). Multidisciplinary study on the hypersonic effect. In: *Interareal coupling of human brain function*. Shibasaki, H., et al., eds. (pp. 27-42). Elsevier Science.

Role, L.W., and Kelly, J.P. (1991). The brain stem: Cranial nerve nuclei and the monoaminergic systems. In: *Principle of Neural Science*. Kandel, E.R., et al., eds. pp. 869-883. Appleton & Lange.

Thompson, J.G. (1988). *The psychobiology of emotions*. Plenum Press.

Ueno, S., and Matsuoka, S.(1976). Topographic display of slow wave types of EEG abnormality in patients with brain lesions. *Iyoudenshi To Seitai Kogaku*, 14:118-124.

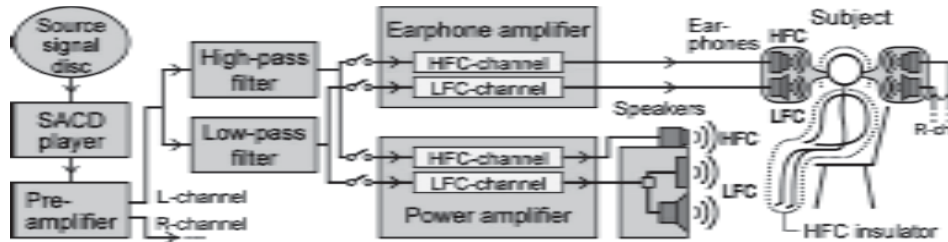
Yagi, R., et al. (2002) Auditory Display for Deep Brain Activation: Hypersonic Effect. In: *The 8th International Conference on Auditory Display*. (pp.248-253).

Yagi, R., et al. (2003). Modulatory effect of inaudible high-frequency sounds on human acoustic perception. *Neurosci Lett*, 351:191-195.

Yagi, R., et al. (2003) A method for behavioral evaluation of the “hypersonic effect”. *Acoust Sci & Tech*, 24:197-200.

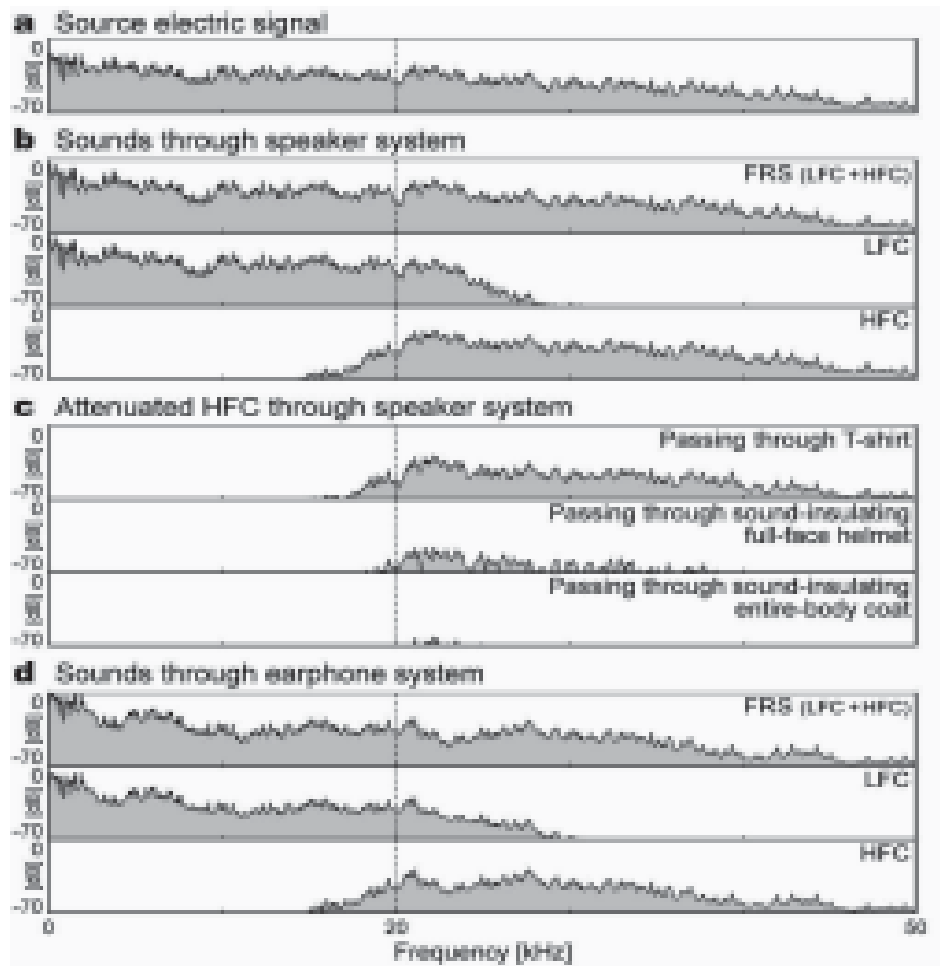
სურათი 1. ექსპერიმენტი ამ კვლევისთვის.

Figure 1. The experimental setup employed for this study.



სურათი 2. მთელი პერიოდის მანძილზე დათვლილი სხვადასხვა ჟღერადი მასალის ძლიერების საშუალო დიაგრამა.

Figure 2. Averaged power spectra of the various sound materials calculated for the entire period of the sound presentation.



**სურათი 3.** სხვადასხვა ექსპერიმენტულ მდგომარეობაში მონაწილეთა სმენითი და ელექტროენცეფალოგრამული აქტივობის დონე.  
**Figure 3.** Electroencephalographic activity and listening level adjusted by the subjects during different experimental conditions.

